

```
In [1]: # ANOVA Monofactorial con bloques.
```

```
# 1. Carga inicial de datos.
```

```
if(!require(psych)){install.packages("psych")}
if(!require(FSA)){install.packages("FSA")}
if(!require(ggplot2)){install.packages("ggplot2")}
if(!require(car)){install.packages("car")}
if(!require(multcompView)){install.packages("multcompView")}
if(!require(lsmmeans)){install.packages("lsmmeans")}
if(!require(rcompanion)){install.packages("rcompanion")}
```

```
ln <- ("
```

Algoritmo	Computadora	Tiempo
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	12976
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	14854
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13627
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	9850
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	14466
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	11598
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13184
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13096
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	14895
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	15986
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	12327
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	11168
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	9913
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	11698
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	16033
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13763
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	10237
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13208
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	15407
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13587
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9033
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11253
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11842
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9018
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11091
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11143
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	12429
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	12456
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	12250
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	13449
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11872
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	10463
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9311
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9677
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	12941
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11260
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9269
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	13926
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	14670
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11988
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	11080
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12089
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12538
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	10571
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12010
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12598
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	13543
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	13547
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	13217
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	15297
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12210
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	11299
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	10067
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	11279
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	14006
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12099
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	11581
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	14012
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	15069
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12000

```

'Algoritmo B' 'Computadora 2' 12000
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 14011
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13508
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 9506
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 14005
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 11514
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13001
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13220
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 14211
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 15016
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 12504
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 11501
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 9506
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 11514
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 16005
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13018
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 10503
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13015
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 17000
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13020
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9148
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11247
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11571
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9212
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11355
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11848
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 12171
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 12360
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 12053
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 13219
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11642
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 10918
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9223
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9574
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 12245
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11781
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9588
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 13093
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 14155
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11309
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 12511
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 14375
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13546
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 9962
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 14273
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 11515
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13556
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13121
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 14205
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 15424
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 12778
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 11096
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 9364
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 11521
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 16367
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13060
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 10991
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13048
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 15078
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13443"
)

```

Se introduce la tabla.

```
Data <- read.table(textConnection(ln), header=TRUE)
```

Se ordenan Los datos según Los ingresamos. (Evitar orden alfabético por R).

```
Data$Algoritmo <- factor(Data$Algoritmo, levels = unique(Data$Algoritmo))
```

```
Data$Computadora <- factor(Data$Computadora, levels = unique(Data$Computadora))
```

2. Verificación de la Lectura de datos.

```
library(psych)
```

```
headTail(Data)
```

```
str(Data)
```

```
summary(Data)
```

```
rm(ln)
```

```
# 3. Resumen organizado.
```

```
# Se agrega ": Computadora" para que la tabla aparezca como en clase.  
Summarize(Tiempo ~ Algoritmo : Computadora, data = Data, digits = 3)
```

```
# 4. Diagrama de cajas
```

```
M <- tapply(Data$Tiempo, INDEX = Data$Algoritmo, FUN = mean)  
boxplot(Tiempo ~ Algoritmo, data = Data)  
points(M, col = "red", pch = "+", cex = 2)
```

```
boxplot(Tiempo ~ Algoritmo : Computadora, data = Data)
```

```
# 5. Información de promedios e intervalos de confianza.
```

```
Sum <- groupwiseMean(Tiempo ~ Algoritmo, data = Data, conf = 0.95, digits = 3, traditional = FALSE, percentile = 95)  
Sum
```

```
# 6. Gráficos de promedios e intervalos de confianza.
```

```
library(ggplot2)  
ggplot(Sum,  
  aes(x = Algoritmo, y = Mean)) +  
  geom_errorbar(aes(ymin = Percentile.lower,  
    ymax = Percentile.upper),  
    width = 0.05, size = 0.5) +  
  geom_point(shape = 15,  
    size = 4) +  
  theme_bw() +  
  theme(axis.title = element_text(face = "bold")) +  
  ylab("Tiempo promedio, s")
```

```
# 6.1 Información de promedios e intervalos de confianza, cambio para considerar la computadora.
```

```
Sum <- groupwiseMean(Tiempo ~ Algoritmo : Computadora,  
  data = Data, conf = 0.95,  
  digits = 3, traditional = FALSE,  
  percentile = TRUE)
```

```
Sum
```

```
ggplot(Sum,  
  aes(x = Algoritmo, y = Mean)) +  
  geom_errorbar(aes(ymin = Percentile.lower,  
    ymax = Percentile.upper),  
    width = 0.05, size = 0.5) +  
  geom_point(shape = 15,  
    size = 4) +  
  theme_bw() +  
  theme(axis.title = element_text(face = "bold")) +  
  ylab("Tiempo promedio, s")
```

```
# 7. Modelo lineal.
```

```
model <- lm(Tiempo ~ Algoritmo : Computadora, data = Data)  
summary(model)
```

```
# El p-value en este caso es bajo 0.002001, lo que sugiere que los factores impactan la variable de respuesta.
```

```
# 8. ANOVA.
```

```
library(car)  
Anova(model, type = "II")
```

```
# La prueba ANOVA pasa con un nivel de significancia de 0.01. Se procede a realizar la prueba post-hoc.
```

```
# 9. Histograma de residuos.
```

```
x <- residuals(model)  
library(rcompanion)  
plotNormalHistogram(x)  
plot(fitted(model), residuals(model))  
plot(model)
```

```
# Se cumple la normalidad, pero hay un ligero patrón en el gráfico donde se evalúa la homocedasticidad.
```

```

# 10. Análisis post-hoc

library(multcompView)
library(lsmmeans)
marginal <- lsmeans(model, ~ Algoritmo : Computadora)
pairs(marginal, adjust="tukey")

# Funcion cld

library(multcomp)
CLD <- cld(marginal, alpha = 0.05, Letters = letters, adjust = "tukey")
CLD

# Gráfico promedios, intervalos de confianza y Letras de separación
CLD$Algoritmo <- factor(CLD$Algoritmo, levels = c("Algoritmo A", "Algoritmo B", "Algoritmo C"))
CLD$.group <- gsub(" ", "", CLD$.group)

library(ggplot2)
svg("final-ic-3.svg")
ggplot(CLD,
  aes( x = Algoritmo,
        y = lsmean,
        label = .group)) +
  geom_point(shape = 15, size = 4) +
  geom_errorbar(aes(ymin = lower.CL,
                    ymax = upper.CL),
                width = 0.2,
                size = 0.7) +

  theme_bw() +
  theme(axis.title = element_text(face = "bold"),
        axis.text = element_text(face = "bold"),
        plot.caption = element_text(hjust = 0)) +

  ylab("Promedio del minimo cuadrado \n
        Tiempo de ejecucion") +

  geom_text(nudge_x = c(0,0,0),
            nudge_y = c(1100, 1100, 1100),
            color = "black")

dev.off()

# La prueba de mínimos cuadrados al ser más estricta y en donde se
# reduce la distancia en comparaciones, indica que los grupos
# no son significativamente distintos, esto contrasta con la respuesta
# del ANOVA.

# Sin embargo si se agrega en ": Computadora" en la función lsmeans, este sería el resultado:
#

```

Loading required package: psych

Loading required package: FSA

FSA v0.9.4. See citation('FSA') if used in publication.
Run fishR() for related website and fishR('IFAR') for related book.

Attaching package: 'FSA'

The following object is masked from 'package:psych':

headtail

Loading required package: ggplot2

Attaching package: 'ggplot2'

The following objects are masked from 'package:psych':

%+%, alpha

Loading required package: car

Loading required package: carData

Registered S3 methods overwritten by 'car':

method	from
hist.boot	FSA
confint.boot	FSA

Attaching package: 'car'

The following object is masked from 'package:FSA':

bootCase

The following object is masked from 'package:psych':

logit

Loading required package: multcompView

Loading required package: lsmeans

Loading required package: emmeans

The 'lsmeans' package is now basically a front end for 'emmeans'.
Users are encouraged to switch the rest of the way.
See help('transition') for more information, including how to
convert old 'lsmeans' objects and scripts to work with 'emmeans'.

Loading required package: rcompanion

Attaching package: 'rcompanion'

The following object is masked from 'package:psych':

phi

A data.frame: 9 × 3

	Algoritmo	Computadora	Tiempo
	<fct>	<fct>	<chr>
1	Algoritmo A	Computadora 1	12976
2	Algoritmo A	Computadora 1	14854
3	Algoritmo A	Computadora 1	13627
4	Algoritmo A	Computadora 1	9850
...	NA	NA	...
117	Algoritmo C	Computadora 2	10991
118	Algoritmo C	Computadora 2	13048
119	Algoritmo C	Computadora 2	15078
120	Algoritmo C	Computadora 2	13443

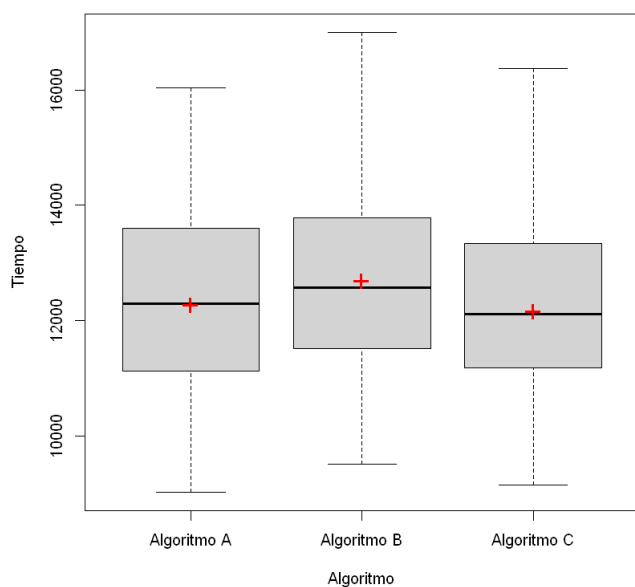
'data.frame': 120 obs. of 3 variables:

\$ Algoritmo : Factor w/ 3 levels "Algoritmo A",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 \$ Computadora: Factor w/ 2 levels "Computadora 1",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 \$ Tiempo : int 12976 14854 13627 9850 14466 11598 13184 13096 14895 15986 ...

Algoritmo	Computadora	Tiempo
Algoritmo A:40	Computadora 1:60	Min. : 9018
Algoritmo B:40	Computadora 2:60	1st Qu.:11258
Algoritmo C:40		Median :12288
		Mean :12382
		3rd Qu.:13546
		Max. :17000

A data.frame: 6 × 10

Algoritmo	Computadora	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
<fct>	<fct>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Algoritmo A	Computadora 1	20	13093.65	1903.929	9850	11673.0	13196.0	14563.00	16033
Algoritmo B	Computadora 1	20	12505.60	1414.667	10067	11510.5	12154.5	13544.00	15297
Algoritmo C	Computadora 1	20	11385.60	1420.394	9148	10585.5	11606.5	12189.50	14155
Algoritmo A	Computadora 2	20	11467.05	1645.540	9018	10266.5	11551.0	12435.75	14670
Algoritmo B	Computadora 2	20	12878.90	1935.371	9506	11514.0	13016.5	14006.50	17000
Algoritmo C	Computadora 2	20	12961.70	1807.597	9364	11519.5	13090.5	14222.00	16367



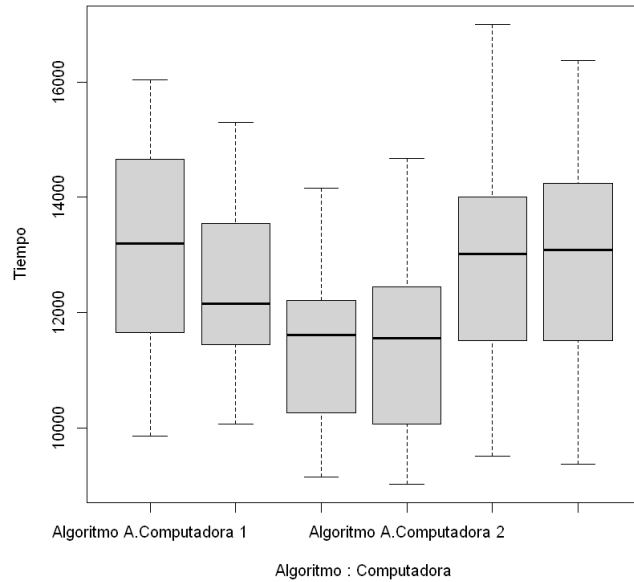
A data.frame: 3 × 6

Algoritmo	n	Mean	Conf.level	Percentile.lower	Percentile.upper
<fct>	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Algoritmo A	40	12300	0.95	11700	12900
Algoritmo B	40	12700	0.95	12200	13200
Algoritmo C	40	12200	0.95	11600	12700

Warning message:

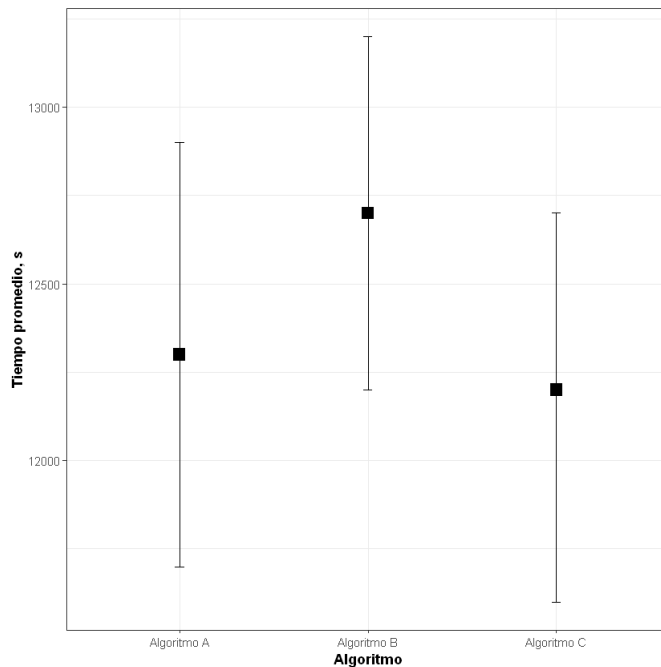
"Using `size` aesthetic for lines was deprecated in ggplot2 3.4.0.

Please use `linewidth` instead."



A data.frame: 6 × 7

Algoritmo	Computadora	n	Mean	Conf.level	Percentile.lower	Percentile.upper
<fct>	<fct>	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Algoritmo A	Computadora 1	20	13100	0.95	12300	13900
Algoritmo A	Computadora 2	20	11500	0.95	10800	12200
Algoritmo B	Computadora 1	20	12500	0.95	11900	13100
Algoritmo B	Computadora 2	20	12900	0.95	12100	13700
Algoritmo C	Computadora 1	20	11400	0.95	10800	12000
Algoritmo C	Computadora 2	20	13000	0.95	12200	13700



Call:
lm(formula = Tiempo ~ Algoritmo:Computadora, data = Data)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-3597.7	-1364.9	106.3	1038.4	4121.1

Coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value
(Intercept)	12961.7	380.4	34.074
AlgoritmoAlgoritmo A:ComputadoraComputadora 1	131.9	538.0	0.245
AlgoritmoAlgoritmo B:ComputadoraComputadora 1	-456.1	538.0	-0.848
AlgoritmoAlgoritmo C:ComputadoraComputadora 1	-1576.1	538.0	-2.930
AlgoritmoAlgoritmo A:ComputadoraComputadora 2	-1494.7	538.0	-2.778
AlgoritmoAlgoritmo B:ComputadoraComputadora 2	-82.8	538.0	-0.154
AlgoritmoAlgoritmo C:ComputadoraComputadora 2	NA	NA	NA

	Pr(> t)
(Intercept)	< 2e-16 ***
AlgoritmoAlgoritmo A:ComputadoraComputadora 1	0.80668
AlgoritmoAlgoritmo B:ComputadoraComputadora 1	0.39832
AlgoritmoAlgoritmo C:ComputadoraComputadora 1	0.00410 **
AlgoritmoAlgoritmo A:ComputadoraComputadora 2	0.00639 **
AlgoritmoAlgoritmo B:ComputadoraComputadora 2	0.87795
AlgoritmoAlgoritmo C:ComputadoraComputadora 2	NA

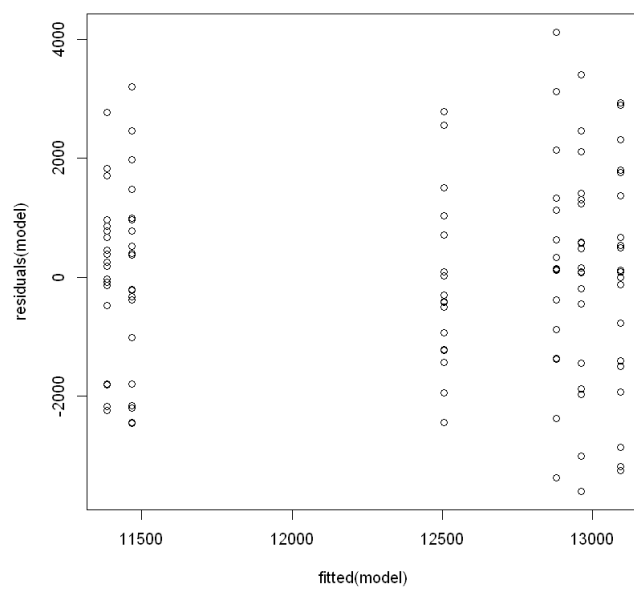
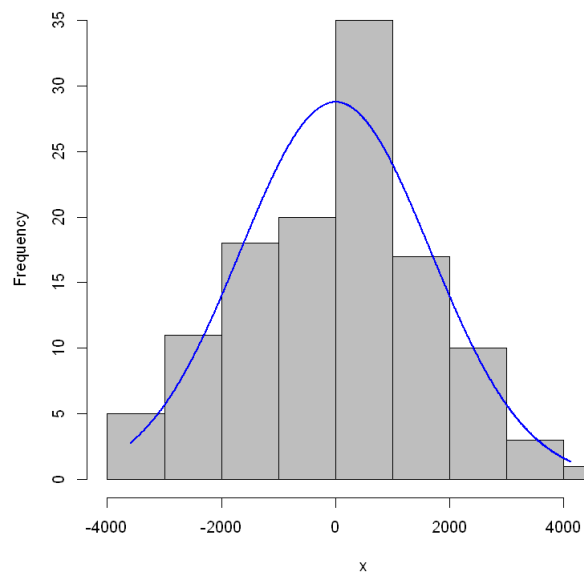
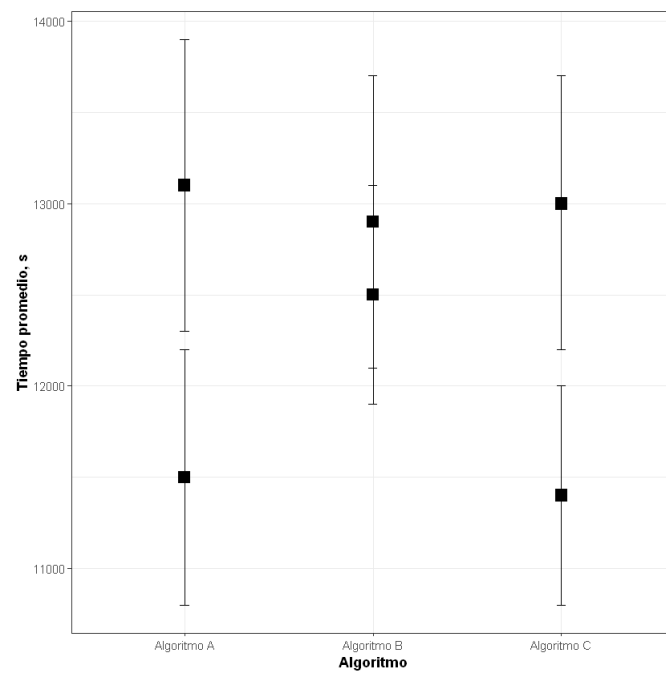
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

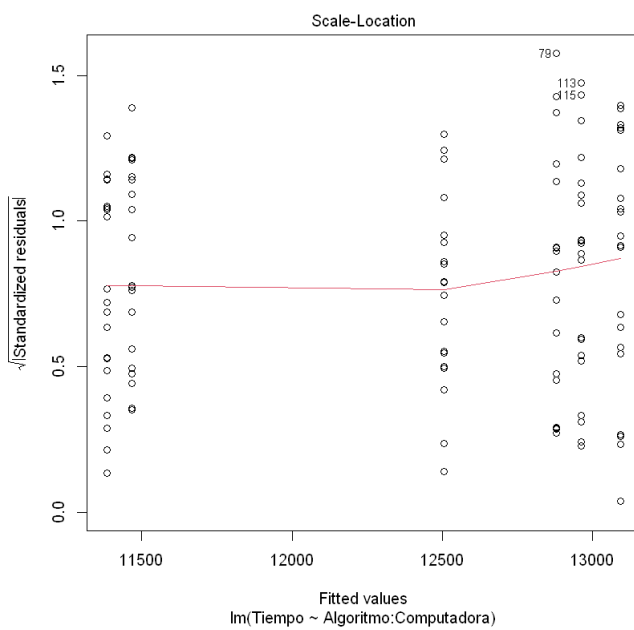
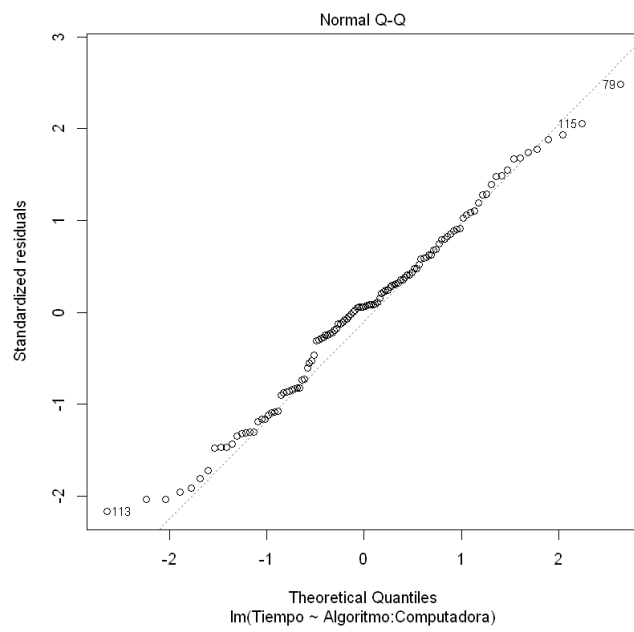
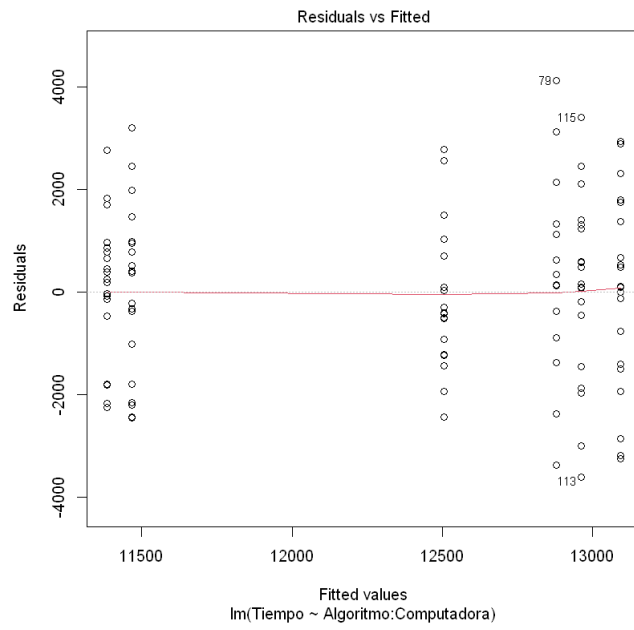
Residual standard error: 1701 on 114 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.151, Adjusted R-squared: 0.1138
F-statistic: 4.056 on 5 and 114 DF, p-value: 0.002001

Note: model has aliased coefficients
sums of squares computed by model comparison

A anova: 2 × 4

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Algoritmo:Computadora	58692616	5	4.056014	0.002001063
Residuals	329927781	114	NA	NA





```

contrast                                     estimate SE df t.ratio
Algoritmo A Computadora 1 - Algoritmo B Computadora 1    588.0 538 114    1.093
Algoritmo A Computadora 1 - Algoritmo C Computadora 1   1708.0 538 114    3.175
Algoritmo A Computadora 1 - Algoritmo A Computadora 2   1626.6 538 114    3.024
Algoritmo A Computadora 1 - Algoritmo B Computadora 2    214.8 538 114    0.399
Algoritmo A Computadora 1 - Algoritmo C Computadora 2    131.9 538 114    0.245
Algoritmo B Computadora 1 - Algoritmo C Computadora 1   1120.0 538 114    2.082
Algoritmo B Computadora 1 - Algoritmo A Computadora 2   1038.5 538 114    1.931
Algoritmo B Computadora 1 - Algoritmo B Computadora 2   -373.3 538 114   -0.694
Algoritmo B Computadora 1 - Algoritmo C Computadora 2   -456.1 538 114   -0.848
Algoritmo C Computadora 1 - Algoritmo A Computadora 2    -81.5 538 114   -0.151
Algoritmo C Computadora 1 - Algoritmo B Computadora 2  -1493.3 538 114   -2.776
Algoritmo C Computadora 1 - Algoritmo C Computadora 2  -1576.1 538 114   -2.930
Algoritmo A Computadora 2 - Algoritmo B Computadora 2  -1411.8 538 114   -2.624
Algoritmo A Computadora 2 - Algoritmo C Computadora 2  -1494.7 538 114   -2.778
Algoritmo B Computadora 2 - Algoritmo C Computadora 2    -82.8 538 114   -0.154
p.value
0.8832
0.0231
0.0356
0.9987
0.9999
0.3041
0.3892
0.9823
0.9577
1.0000
0.0688
0.0460
0.0997
0.0684
1.0000

```

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 6 estimates

Loading required package: mvtnorm

Loading required package: survival

Loading required package: TH.data

Loading required package: MASS

Attaching package: 'TH.data'

The following object is masked from 'package:MASS':

geyser

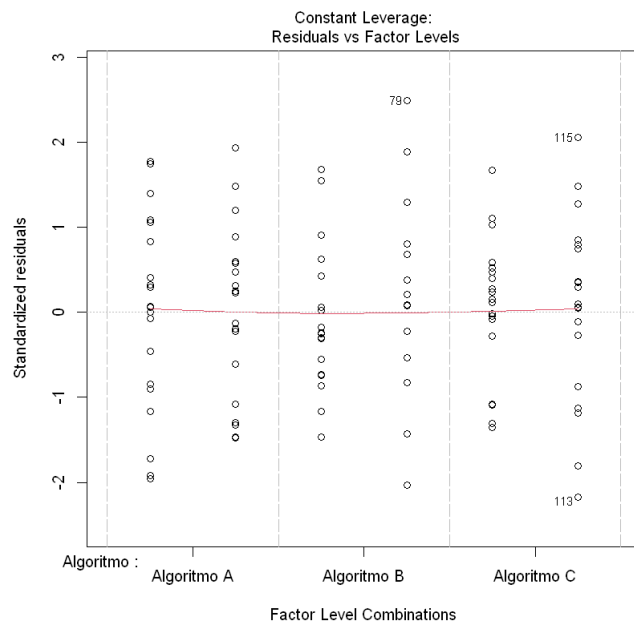
Note: adjust = "tukey" was changed to "sidak"

because "tukey" is only appropriate for one set of pairwise comparisons

A summary_emm: 6 × 8

	Algoritmo	Computadora	lsmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
	<fct>	<fct>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<chr>
3	Algoritmo C	Computadora 1	11385.60	380.4013	114	10367.07	12404.13	a
4	Algoritmo A	Computadora 2	11467.05	380.4013	114	10448.52	12485.58	ab
2	Algoritmo B	Computadora 1	12505.60	380.4013	114	11487.07	13524.13	abc
5	Algoritmo B	Computadora 2	12878.90	380.4013	114	11860.37	13897.43	abc
6	Algoritmo C	Computadora 2	12961.70	380.4013	114	11943.17	13980.23	bc
1	Algoritmo A	Computadora 1	13093.65	380.4013	114	12075.12	14112.18	c

png: 2



In []: